

Монасыпов М. А.

**Структурно-функциональные характеристики
макрозообентоса солоноватоводных озер
Среднего Поволжья.**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Казань – 2003

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одной из важнейших задач экологии и гидробиологии является сохранение биоразнообразия водных животных. На основании решений международных конференций по устойчивому развитию в Рио-де-Жанейро (1992) и Йоханнесбурге (2002) эта проблема имеет общемировое значение. Уникальные природные объекты, подобные солоноватоводным карстовым озерам, могут служить резерватами по сохранению многих видов водных организмов, как обычных, так и редко встречаемых. К основным задачам экологии и гидробиологии также относится разработка теории функционирования водных экосистем. Решением VII Съезда Гидробиологического общества РАН (Казань, 1996) исследования структуры и функционирования экосистем карстовых озер принято считать приоритетным направлением гидробиологических исследований.

Исследуемые в настоящей работе карстовые водоемы относятся к редкому для Среднего Поволжья типу солоноватоводных озер.

До настоящего времени степень изученности зообентоса карстовых солоноватоводных озер в Среднем Поволжье отличалась недостаточной глубиной, большинство озер были не исследованы. В данной работе представлены результаты исследований макробентофауны этих водоемов, проведенных на основе изучения биологического разнообразия, экологических особенностей и структурно-функциональной организации бентосных сообществ. При этом учитывалось большое количество абиотических факторов и особенностей, играющих важную роль в обосновании уникальности изученных водоемов, а также стадии развития озерных экосистем.

Цель и задачи исследования. Цель работы заключается в изучении структурно-функциональных характеристик макробентофауны солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья и выявлении роли данного биотического компонента в лимногенетическом развитии водоемов данного типа.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) изучение биологического разнообразия солоноватоводных карстовых озер по зообентосу;
- 2) определение количественных показателей макрозообентоса солоноватоводных карстовых озер, характеризующих его в структурно-функциональном отношении;
- 3) определение закономерностей и связей всех рассмотренных в работе абиотических факторов и характеристик макрозообентоса со стадиями развития и лимногенезом исследованных озер;
- 4) выявление специфических особенностей развития сообществ донных беспозвоночных карстовых озер солоноватоводного типа.

Научная новизна работы. Впервые исследовался макрозообентос солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья. Впервые для группы «голубых» олигомезотрофных озер был выделен специфический видовой комплекс из организмов бентоса, низших и высших растений, как биоиндикатор данного типа водоемов. Научная новизна определяется также исследованием структуры и функционирования зообентосных сообществ в тесной связи с сукцессионным развитием экосистем озер данного типа.

Практическая значимость результатов. Практическая значимость заключается в пополнении сведений по качественным и количественным характеристикам бентофауны озер Среднего Поволжья за счет исследований уникальных природных объектов. Полученные данные можно использовать при классифицировании водоемов, мониторинге состояния озер, разработке гидробиологических кадастров и атласов, экологических паспортов водоемов, разработке природоохранных обоснований защиты территорий, на которых расположены эти водоемы. Также выявленные закономерности по макрозообентосу, наряду с данными по другим компонентам, могут применяться при контроле состояния озер, оценке воздействия на них и для оздоровления водоемов. Результаты работы используются в учебном процессе в курсе «Гидробиологический мониторинг» на экологическом факультете КГУ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Зообентосные сообщества солоноватоводных карстовых озер вследствие экстремальности сложившихся в них условий формируются как из эврибионтных, так и из стенобионтных видов, с преобладанием эврибионтных видов.
2. Основное количественное и качественное богатство макрозообентоса солоноватоводных карстовых озер сосредоточено в их литоральной зоне.
3. Видовое разнообразие, численность и биомасса макрозообентоса зависят от стадии развития озерных экосистем солоноватоводных карстовых озер; количественные и качественные характеристики зообентоса увеличиваются к стадии зрелости и характеризуются низкими показателями на начальной и конечной стадиях развития озер.
4. Скорость водообмена, температурный режим, ионный состав, минерализация, содержание сероводорода и органических веществ являются определяющими факторами среды для сукцессионных изменений зообентоса солоноватоводных карстовых озер.
5. Солоноватоводные карстовые озера из группы «голубых» озер характеризуются специфическим комплексом видов из представителей бентоса и макрофитов (*Planaria torva*, *Dendrocoelum lacteum*, *Ijimia tenuis*, *Rhynchelmis limosella*, *Lumbriculus variegatus*, *Asellus aquaticus*, *Gammarus pulex*, *G. lacustris*, *Hippuris vulgaris*, *Calliergon cordifolium*, *C. giganteum*, *Cinclidotus fontinaloides*, *Cratoneurum filicinum*, *Drepanocladus aduncus*, *D. cf. fluitans*, *D. vernicosus*, *Fontinalis antipyretica*, *Cladophora glomerata*, *Enteromorpha pilifera*, *Chara contraria*, *Ch. delicatula*), который является биоиндикатором данного типа озер и формируется под воздействием комплекса абиотических факторов.

Апробация работы и публикации. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на VII съезде Гидробиологического общества РАН (Казань, 1996), на межрегиональной научно-практической конференции «Экологические проблемы Среднего Поволжья» (Ульяновск, 1999); на всероссийских научно-практических конференциях «Водные ресурсы и экологически ответственное природопользование» (Йошкар-Ола, 1999) и «Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия» (Чебоксары-Казань, 2000); на XI международном симпозиуме по биоиндикаторам (Сыктывкар, 2001); на VIII съезде Гидробиологического общества РАН (Калининград, 2001); на VIII Международной конференции по соленым озерам (Жемчужный, 2002), а также на итоговых научных конференциях Казанского государственного университета (1998–2002) и заседании Казанского отделения Гидробиологического общества РАН (Казань, 2003).

Результаты исследований по теме диссертации опубликованы в 19 печатных работах

Декларация личного участия автора. Исследования проводились автором в период с 1995 по 2002 гг. в ходе работ лаборатории водных экосистем экологического факультета КГУ. Сборы полевого материала, камеральная обработка проб зообентоса, работа с литературным материалом, математическая обработка полученных данных и оформление работы осуществлены автором лично.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и выводов, списка использованной литературы, приложений. Общий объем составляет 152 страницы, содержит 15 таблиц, 32 рисунка, список литературы, включающий 147 наименований, из которых 10 иностранных, а также приложение.

Благодарности. Автор приносит благодарность сотрудникам ЗИН РАН д.б.н. С.М. Голубкову, д.б.н. Н.В. Аладину, Жаковой Л.В., сотрудникам КГУ проф., д.б.н. В.А. Яковлеву, доц., к.б.н. О.Д. Любарской, н.с., к.б.н. Л.Б. Назаровой и проф. КФЭИ, д.б.н. Р.Я. Дыгановой за консультации и помощь в определении видов, а также сотрудникам лаборатории водных экосистем экологического факультета КГУ за многолетнюю поддержку и помощь в исследованиях.

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Солоноватоводные озера и их природное значение. Приведены характеристики карстовых озер и их редкой разновидности – солоноватоводных карстовых озер, в том числе образованных на напорных восходящих источниках – выходах подземных вод. Они представляют собой уникальную группу водных объектов и их специфичность определяется целым комплексом свойств, таких как происхождение, водный баланс, температурный режим и химический состав воды. В целом солоноватоводные карстовые озера представляют собой уникальное природное явление как для Среднего Поволжья, так и для Европейской части России (Ступишин, 1967; Торсуев, 1994; Ильина и др., 2000; Дедков, 2001; Мингазова, Аладин, 2001 и др.). Данные водные объекты относятся к так называемому типу «голубых» озер и представляют собой в большинстве случаев сульфатно-кальциевые, холодноводные озера с минерализацией около 2 г/л, с усиленным подземным и хорошо развитым приточным питанием, с обязательным наличием внутриозерных провалов, в которые разгружаются в виде подводных ключей подземные воды. Соленые озера, благодаря особенностям своей структуры, быстрее, чем пресные, реагируют на изменения внешних условий, что позволяет рассматривать их как удобные индикаторы внешних естественных и антропогенных изменений (Егоров, 2001; Jorgensen et al., 2003 и др.). Несмотря на то, что некоторые из перечисленных в работе озер ранее изучались, в

целом эти водоемы до настоящего времени не исследовались (особенно в плане изучения биотических компонентов их экосистем) как особый тип озер.

Структурно-функциональная роль зообентоса в карстовых озерах. Рассмотрена роль одного из важнейших компонентов солоноватоводных карстовых озерных экосистем – макрозообентоса. Сообщества донных животных относятся к важнейшим компонентам экосистем большинства континентальных водоемов. Количественные и качественные характеристики зообентоса наиболее полно и четко отражают качество вод и состояние экосистем в целом (Абакумов, 1983; Шуйский, 1996; Назарова, 1996; Андрееenkova, Круглов, 1997 и др.). Но из всех изученных озер только для оз. Большое Голубое имеются сведения по макрозообентосу (Забусова, 1895; Курбангалиева, Кашеварова, 1946; Порфирьева, Дыганова, 1987 и др.).

Закономерное изменение абиотической среды обитания видов, которое происходит в процессе лимногенеза (эволюции) озер, приводит к сукцессионным изменениям в их экосистемах и входящих в них сообществ организмов (Odum, 1969; Fisher, 1983; Реймерс, 1994). Макробентос, являясь одним из важнейших компонентов озерных экосистем, дает возможность проследить основные закономерности и направление развития солоноватоводных карстовых водоемов.

Лимногенез солоноватоводных карстовых озер. Рассмотрен вопрос лимногенеза озер и стадий их развития. В естественном развитии солоноватых озер выделяют три стадии - молодости, зрелости и угасания, с изменением трофического статуса водоемов (Таусон, 1954; Егоров, 2001). Классический путь развития – от озера к заболоченному водоему и затем к болоту отмечался в эволюционном плане для большинства озер Среднего Поволжья (Озера..., 1976). Возраст котловин исследуемых озер различен – от нескольких сотен лет (Голубые озера Югидем) до 8–10 тыс. лет для оз. Соленое (Нургалиев и др., 2001). В ходе исследований 1995–2000 гг. Н.М. Мингазовой (2001) были выделены разные стадии развития и сукцессионных изменений типа «голубых» озер на примере 9 солоноватоводных карстовых водоемов (рис.1).



Рис. 1. Сукцессионный ряд развития исследованных солоноватоводных карстовых озер (0-м – олиго-мезотрофность, м-э – мезо-эвтрофность, э-г – эвтрофно-гипертрофность)

Группа озер первой части выявленного ряда (от Зеленого Ключа до Голубой Старицы) характеризует развитие озер этого типа от молодой стадии до стадии зрелости и старения (аутогенная, автотрофная сукцессия). Именно эти водоемы представляют и характеризуют тип «голубых» озер, черты которого наиболее ярко проявляются на стадиях молодости и зрелости озер. Группа озер второй части выявленного ряда (Шунгалдан, Каракаер и Соленое) характеризует развитие озер данного типа на стадии угасания. Последовательность расположения озер по сукцессионному ряду положена нами в основу рассмотрения материалов по изучению зообентосных сообществ.

Глава 2. ПРИРОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ И ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Среднее Поволжье представляет собой крупный фрагмент водосборной площади р. Волги, которая на 90% расположена на Русской равнине в пределах трех ландшафтных зон – тайги, смешанных лесов и лесостепи. Это регион, в котором континентальная водная масса, помимо рек, представлена преимущественно пойменными (80 %) и карстовыми (10–15 %) типами озер. Являясь зоной классического проявления карста (Ступишин, 1967), Среднее Поволжье характеризуется разнообразными по ряду показателей (форма, размеры, глубины, тип водного баланса, температурный, гидрохимический режимы и т.д.) карстовыми водоемами. И среди них, в свою очередь, существует редкий в гидрологическом, гидрохимическом и бальнеологическом отношении тип солоноватоводных карстовых озер, образующихся на напорных восходящих водах в местах карстовых провалов, представители которых были найдены на территориях республик Марий Эл и Татарстан.

По данным исследований Казанского отдела гидрологии и водных ресурсов СевНИИГим в 1960–1970-х гг. на территории Среднего Поволжья было зафиксировано около 12 тысяч озер (11898), начиная с водоемов площадью более 0,1 га (Озера..., 1976). Из общего числа на долю солоноватоводных карстовых озер приходится только 0,1 % (Мингазова, Аладин, 2001).

Объектами наших исследований были 9 озер и озеровидных карстовых и карсто-во-старичных водоемов сульфатного солоноватоводного типа. К ним относятся озера Большое Голубое и Малые Голубые (1 и 2) в Республике Татарстан, водоем на базе водотока Зеленый Ключ, озера Югидем, Каракаер, Голубая Старица, Шунгалдан и Соленое в Республике Марий Эл. Исследованные озера располагаются в бассейнах малых рек Среднего Поволжья, таких как Казанка, Илеть и Большая Кокшага, являющихся левыми притоками р. Волги. В бассейне р. Казанки располагаются Голубые озера РТ, наиболее известные из солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья. Целый ряд исследованных озер располагается в бассейне реки Илеть.

Физико-географическое расположение данных озер, а именно приуроченность их к зонам крупных валоподобных поднятий с наличием в осевых зонах, наиболее тектонически и гипсометрически поднятых, сульфатно-карбонатных пород пермской системы, поглощающих поверхностные воды, а также территориальная близость этих озер в пределах отдельно взятого валоподобного поднятия, свидетельствуют об общности геологических, геоморфологических, тектонических и гидрологических условий их существования и формирования.

Исследуемая группа водоемов прежде всего отличается от других озер региона особенностями химического состава вод и оптическими свойствами, что и позволяет говорить о специфике данного типа водных объектов. В целом по физико-химическим показателям исследуемые озера имеют много как сходных признаков, так и различий. Наиболее близкими показателями характеризуются водоемы из группы «голубых» озер (Зеленый Ключ, Б. Голубое, М. Голубые 1,2, Югидем, Г. Старица) (табл. 1). Озеро Соленое резко отличается по химическим показателям от других водоемов, как вследствие естественных причин, так и в связи с прошлым антропогенным воздействием от птицефабрики в 1970-х гг.

Глава 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работы проводились по программе исследований госбюджетной темы «Изучение процессов антропогенной трансформации и восстановления водоемов Среднего Поволжья» (рег. № 01.970009626) лаборатории водных экосистем. С 1998 по 2001 гг.

проводимые исследования являлись частью работ Федеральной целевой программы «Интеграция» (проект К1022 «Уникальные экосистемы солонатоводных карстовых озер Среднего Поволжья. Комплексные гидробиологические экспедиции») совместно с Зоологическим институтом РАН (г. Санкт-Петербург).

Изучение зообентоса на 9 исследованных озерах велось в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методиками. Количество и распределение станций пробоотборов по акватории отдельно взятого озера определялось в соответствии с его морфологией. При этом учитывались характер котловины, изрезанность берегов, расчлененность, типы грунтов, степень распространения того или иного грунта, степень и интенсивность зарастания. Перед началом гидробиологических работ проводились батиметрические измерения с помощью эхолота LCD Fish128.

Выбор местоположения станций и определение их общего числа осуществлялись с таким расчетом, чтобы охватить большую часть биотопов, в т.ч. и заросшие макрофитами участки. Исследовались участки прибрежного мелководья (от уреза воды до

изобат 1,5–2 м) и участки глубже 2 м. В соответствии с «Методическими рекомендациями...» (1984) на каждом озере закладывалось в среднем по 4–5 станций отбора проб. На станциях преобладали илистые грунты, в прибрежной зоне имелось довольно большое количество растительности. Всего в разное время на исследуемых озерах было заложено 39 станций отбора проб.

Отбор количественных проб в прибрежье осуществлялся с помощью скребка с площадью захвата 0,04 м², с заглублением в грунт на 5–10 см, в глубоководной части водоемов – с помощью дночерпателя Петерсена, с площадью захвата 0,025 м². В общей сложности было собрано и обработано 183 пробы макрозообентоса (качественных и количественных). В работе также использован материал по изучению зообентоса озер Среднего Поволжья других типов на основании 316 проб макрозообентоса, обработанных автором за 1995–2002 гг.

Изучение макрозообентоса проводилось по общепринятым методикам (Руководство..., 1983, Методические..., 1984). При анализе проб макрозообентоса определялись видовой состав, численность и биомасса организмов. Доминирующие виды устанавливали по частоте встречаемости (Зенкевич, Броцкая, 1937): встречаемость > 50 % проб – руководящие, 25–50 % – второстепенные, < 25 % – редкие.

Для оценки разнообразия сообществ использовали количество видов или таксонов, выявленных в озерах, рассчитывали индексы видового разнообразия Шеннона, Симпсона (Shannon, Weaver, 1965). Таксономическое сходство оценивали по индексу Жаккара в модификации Сёренсена (Sorensen, 1948, Макрушин, 1974).

Также в работе были использованы данные гидрохимических анализов (включавших в себя 17 показателей), обработанные вед. инж. лаборатории водных экосистем экологического факультета КГУ Л.Р. Павловой и с.н.с. ВКПЗ Е.Н. Унковской по общепринятым методикам (Алекин, 1973, Новиков, 1981 и др.). Измерения температуры, прозрачности воды (по Секки) и содержания растворенного кислорода (кислородомерами) производились автором непосредственно на водоеме.

Дополнительное к работе гидробиотическое изучение (в ходе определения специфических видовых комплексов, характерных для данных озер) проводилось с использованием общепринятых методов (Катанская, 1981), совместно с сотрудниками лаборатории водных экосистем и м.н.с. Жаковой Л.В. (ЗИН РАН, Санкт-Петербург). Осуществлялось изучение видового состава растений, проводилось геоботаническое картирование с учетом доминирующих видов.

При анализе количественных данных использовались статистические методы, в частности, вычисление стандартных статистических параметров, таких как среднее, дисперсия, стандартное отклонение, размах, а также был использован факторный анализ с помощью метода главных компонент, с использованием ППП “Statistica” версии 5.5a.

Глава 4. ВИДОВОЙ СОСТАВ И ХАРАКТЕРИСТИКА БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА

Видовой состав макрозообентоса. За период исследований в изученных солоноватоводных водоемах были обнаружены представители 8 классов бентосных водных беспозвоночных, включающие в себя 212 низших определяемых таксонов¹, из них 146 видов, в том числе Turbellaria – 4 вида, Oligochaeta – 24 таксона, 16 видов, Hirudinea – 3 вида, Arachnida – 3 таксона, 2 вида, Crustacea – 3 вида, Insecta – 140 таксонов, 85 видов, Gastropoda – 30 таксонов, 29 видов, Bivalvia – 5 таксонов, 4 вида. В

¹ Под таксонами понимаются виды и более высокие таксономические единицы, определение которых до вида было невозможно.

целом в видовом составе преобладают хирономиды из насекомых (61 таксон), моллюски (34), олигохеты (24) и водные жуки из насекомых (21), что, по-видимому, является общим для большинства озер региона вне зависимости от степени минерализации. Это подтверждает характер распределения по таксономическим группам зообентоса озер Среднего Поволжья в целом (рис. 2).

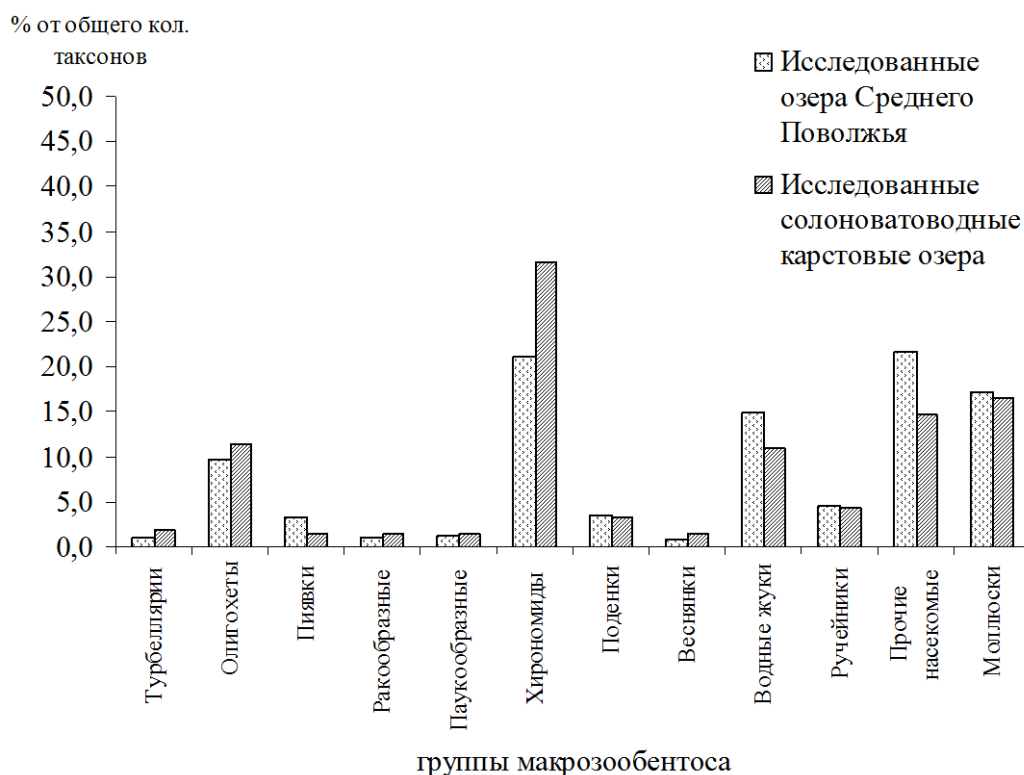


Рис. 2. Распределение таксонов по систематическим группам внутри видового состава макрозообентоса разнотипных озер Среднего Поволжья (по данным автора на основании исследований за 1995–2002 гг.)

Но здесь есть некоторые особенности. Так, для солоноватоводных карстовых озер в большей степени характерно преобладание олигохет и личинок хирономид, а для всех исследованных озер Среднего Поволжья – преобладание насекомых и лишь в случае с моллюсками наблюдается некоторый паритет.

Обнаруженное количество видов зообентоса в солоноватоводных озерах является очень значительным для Средневолжского региона. Для сравнения укажем, что за 1995–2002 гг. в 69 разнотипных озерах Среднего Поволжья было обнаружено 395 таксонов из числа организмов зообентоса (из них 275 видов), относящихся к 9 классам. Из них 4 вида относятся к классу Турбеллярий (*Turbellaria*), 1 таксон – к классу Нематод (*Nematoda*), 38 таксонов (из них 27 видов) – к классу Малощетинковых червей (*Oligochaeta*), 13 таксонов (11 видов) – к классу Пиявок (*Hirudinea*), 4 вида – к классу Ракообразных (*Crustacea*), 5 таксонов (3 вида) – к классу Паукообразных (*Arachnida*), 262 таксона (161 вид) – к классу Насекомых (*Insecta*), 49 таксонов (47 видов) – к классу Брюхоногих моллюсков (*Gastropoda*) и 19 таксонов (из них 18 видов) относятся к классу Двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*). То есть видовой состав зообентоса 9 исследованных солоноватоводных карстовых водоемов составляет по числу таксонов и видов макрозообентоса более 50 % от общего числа бентосных таксонов, обнаруженных на всех исследованных в Среднем Поволжье озерах (Мингазова,

Монасыпов, 1999; Мингазова, 1999), что говорит о значительном видовом разнообразии зообентоса озер этого типа.

В ходе исследований в видовом составе зообентоса солоноватоводных озер были обнаружены виды, являющиеся охраняемыми и занесенные в региональные Красные Книги. Это водяной скорпион (*Nepa cinerea*), в озерах Большое Голубое и Югидем и ранатра палочковидная (*Ranatra linearis*, в озерах Югидем и Соленое; молочно-белая планария (*Dendrocoelum lacteum*), найденная на оз. Большое Голубое и Югидем. Кроме того, на озере Югидем был найден вид, который крайне редко обитает в водоемах Среднего Поволжья – плащеноска слизистая (*Lymnaea glutinosa*).

Ввиду специфичности условий и рассмотрения озер с точки зрения стадий развития озер данного типа, качественные и количественные характеристики макрозообентоса приведены для каждого водоема.

Озеро Малое Голубое-1. В озере выявлено 27 таксонов различного ранга, из них 17 видов (1 – Turbellaria, 2 – Oligochaeta, 3 – Crustacea, 8 – Insecta и 3 – Gastropoda). В озере не удалось обнаружить моллюсков и жуков. В вытекающем из озера ручье обнаружены 2 вида веснянок – *Nemoura cinerea* и *Nemurella picteti*, а также представители хирономид подсем. Orthocladiinae, *Asellus aquaticus* и бокоплав *Gammarus pulex*. На глубине 3 м, вблизи фонтанирующего ключа, грунты представлены тонким песком и там донные организмы практически не обитают. Основным носителем видового богатства выступает прибрежная мелководная зона с черными пелоидными грунтами и разбросанными скоплениями водной растительности.

Озеро Малое Голубое-2. В озере выявлено 16 таксонов макрозообентоса (11 видов). Из них 1 вид относится к Turbellaria, 3 – Oligochaeta, 2 – Crustacea и 5 – Insecta. На глубине 2–2,5 м среди водной растительности (грунт черный ил с запахом сероводорода) обычны *G. pulex*, *A. aquaticus* и фитофильные личинки хирономид. *G. pulex* и *A. aquaticus* также доминируют в литоральных сообществах, а в вытекающем ручье – личинки хирономид рода *Cricotopus*. Биотопы в местах отбора того же типа, что и в озере Малое Голубое-1.

Озеро Большое Голубое. Обнаружено 72 таксона (47 видов) бентосных и нектобентосных беспозвоночных. Из них 3 вида относятся к Turbellaria, 4 – Oligochaeta, 3 – Hirudinea, 3 – Crustacea, 1 – Arachnida, 22 – Insecta и 11 – Gastropoda. В озере найдены как общие практически для всех исследованных водоемов виды: *Aulodrilus plurisetus*, *Gammarus pulex*, *A. aquaticus*, *Bithynia tentaculata*, *Micropsectra* gr. *praecox*, являющиеся руководящими видами, так и большая группа видов, характерная лишь для данного озера. Это индикаторы β-α-мезосапробных условий: *Ablabesmyia* gr. *monilis*, *Procladius* gr. *choreus*, *Orthocladius rivulorum*, *G. lacustris* Sars, *Limnephilus politus*. Присутствуют виды, характерные для α-мезосапробных и полисапробных водоемов (*D. lacteum*, *Planaria torva*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Eiseniella tetraedra*. Там же обнаружены реофильные и оксифильные формы личинок хирономид *Rheotanytarsus curtistylus*, *O. thienemanni*, *Eukiefferiella* sp., *Micropsectra* sp.. Кроме того в данном водоеме было обнаружено гораздо большее количество видов водных жуков по сравнению с другими водоемами (13 видов).

Озеро Югидем. Обнаружено 111 таксонов (из них 77 видов), принадлежащих к 7 классам: Bivalvia (2 вида), Gastropoda (18), Oligochaeta (15), Turbellaria (3), Hirudinea (3), Crustacea (2), Insecta (34). Как руководящими, так и второстепенными в озере являются эврибионтные виды, обычные для эвтрофных водоемов – моллюски *L. truncatula*, *B. tentaculata*, *Planorbis planorbis*, *Valvata depressa*, олигохеты *Stylaria lacustris*, *Tubifex tubifex*, водяной ослик *A. aquaticus*, личинки хирономид *Dicrotendipes*

lobiger (обычный обитатель литорали озер) и виды рода *Chironomus* (*Ch. gr. plumosus*, *Ch. luridus*, *Ch. nudiventris*, *Ch. parathummi*). В пробах 2000 г. не были встречены некоторые виды личинок хирономид, имевшие массовое развитие в предыдущие годы, что, вероятно, связано с периодом развития их младших возрастных стадий. Но в целом можно отметить, что в озере сложились достаточно стабильные пело- и фитофильные биоценозы, устойчивые к довольно высокой степени эвтрофирования придонных слоев воды и донных отложений.

Озеро Голубая Старица. В озере было обнаружено 34 вида макрозообентоса (1 – Turbellaria, 8 – Oligochaeta, 1 – Hirudinea, 2 – Crustacea, 16 – Insecta и 5 – Gastropoda). Наиболее часто встречаемый вид – *A. aquaticus*. В глубоководной части водоема представлены как бедные органическим веществом илисто-песчаные грунты, так и илистые грунты в виде черного сапропеля. В илисто-песчаном грунте найдены олигохеты *Nais* sp., *Limnodrilus* sp., хирономиды *A. gr. lentiginosa*, вислоккрылки *Sialis lutaria* и другие. Литораль представлена черными и серыми пелоидными илами с большим количеством растительности и детрита. Наиболее типичные обитатели – *A. aquaticus* и *S. lacustris*.

Озеро Шунгалдан. Обнаружено 30 таксонов (26 видов) беспозвоночных, принадлежащих к 6 классам: Gastropoda (10 видов), Bivalvia (1), Oligochaeta (2), Hirudinea (1), Crustacea (1), Insecta (11). Среди насекомых наиболее качественно богатой группой являются хирономиды (11 видов). Из особенностей бентофауны можно отметить, во-первых, неравномерность ее распределения и почти полное отсутствие бентоса в глубоководной зоне (0 – 2 вида), что соответствует обнаружению самых высоких концентраций сероводорода среди исследованных озер (до 16,2 мг/л). Напротив, литораль характеризуется относительно разнообразной фауной (6–24 вида), представленной как эврибионтными и широко распространенными в водоемах Среднего Поволжья олигохетами *T. tubifex* и брюхоногими моллюсками *B. tentaculata*, *L. truncatula*, *V. pulchella* и *V. depressa*, так и фито- и псаммофильными видами олигохет *Aelosoma tenebrarum*, насекомыми *Pseudocentrophillum shadini*, *S. lutaria*, а также мелкими двустворчатými моллюсками *Euglesa*. Разнообразна в литоральной зоне фауна личинок хирономид. Это минеры *Endochironomus impar*, *Glyptotendipes gripekoveni*, а также обычные обитатели озерной литорали личинки рода *Tanypus* (*T. kraatzi*, *T. punctipennis*, *T. villipennis*), *Cladotanytarsus* gr. *mancus*, эврибионтные *Ch. gr. plumosus*. Наибольшее видовое разнообразие отмечалось в зарослях камыша, в черном илу с большим количеством детрита – 24 вида (H - 4,03).

Озеро Каракаер. В озере выявлено 18 видов, из которых 12 – личинки насекомых, 3 – брюхоногие моллюски. Наибольшим видовым разнообразием среди насекомых выделяются хирономиды – 4 вида. Следует отметить отсутствие в фауне озера олигохет, являющихся обычными обитателями эвтрофных водоемов и встречавшихся в ряду исследованных озер, начиная с Малых Голубых озер до озера Шунгалдан. Комплекс встреченных в озере Каракаер видов представлен 2 группировками: обычными практически во всех озерах эврибионтными видами (*Haliphus* sp, *Ch. gr. plumosus*, *V. depressa*, *B. tentaculata*, *A. aquaticus*) и группой видов, характерных только для данного водоема (α-мезосапробы *Camptochironomus pallidivittatus*, *Bezzia xanthocephala*, *Sigara falleni*, *Tricholeiochiton fagesii*).

Озеро Соленое. В литорали озера преимущественно среди водной растительности установлено 28 видов макрозообентоса, из них 1 вид – Arachnida, 23 – Insecta и 4 – Gastropoda. Наиболее часто встречаемые таксоны – хирономиды *Ch. gr. plumosus* и *G. gripekoveni*. На глубинах 2–6 м зообентос не обнаружен. Донные отложения в озере

Соленое представляют собой буро-зеленый ил с большим содержанием сероводорода. Возможно, что подобный субстрат мало пригоден для обитания донных беспозвоночных, включая пелофильных олигохет. В целом озеро Соленое представляет собой сильно загрязненное озеро с низким видовым разнообразием, полным отсутствием бентоса в профундали и в большей части литорали озера. Сообщества зообентоса здесь представлены эврибионтными, устойчивыми к неблагоприятным условиям среды видами.

В исследованных солоноватоводных озерах видовое разнообразие зообентоса в основном обуславливается литоральной зоной. Как известно, формируемые в прибрежной зоне биоценозы отличаются сложной организацией и разнообразием сообществ. При изменяющихся условиях среды (например, при эвтрофировании) они достаточно долго во времени и пространстве сохраняют свою структуру и характер функционирования (Жгарева, 1993). Кроме того, в большинстве исследованных озер различие в степени экстремальности условий для этих двух экологических зон, по-видимому, выражено резче, чем в остальных, пресноводных водоемах Среднего Поволжья.

Эколого-фаунистическая характеристика макрозообентоса. Макрозообентос в исследованных водоемах представлен значительным количеством видов, относящихся к различным таксономическим рангам. Большое количество выделенных видов предполагает высокое разнообразие систематических групп и экологических группировок бентоса.

Наиболее часто в исследованных солоноватоводных озерах встречаются *Tubifex tubifex*, *A. aquaticus*, *Tanypus vilipennis*, *Micropsectra* gr. *praecox*, *Chironomus* gr. *plumosus*, *Bithynia tentaculata*, *Anisus vortex*, *Planorbis planorbis*. Это пресноводные, эвритермные, то есть в целом эврибионтные виды и формы, способные адаптироваться к разнообразным экологическим условиям, чьи ареалы простираются на большую часть России и сопредельных территорий. Это согласуется с известными данными других исследователей. Например, по А.Ф. Алимову (1989) в водоемах или участках рек, не подверженных загрязнению, в сообществах донных животных среди доминирующих видов преобладают стенобионтные, а в условиях загрязнения – эврибионтные виды. Существенные изменения структуры сообществ водных животных при прочих равных условиях связаны с преобладанием эврибионтных видов, что и отмечается в исследованных озерах, где наблюдаются экстремальные условия для существования гидробионтов, как по естественным природным условиям, так и вследствие антропогенного воздействия.

Обращает на себя внимание значительное количество в составе зообентоса детрито- и фитофагов по способу питания, что не удивительно, учитывая, что практически все озера обладают хорошо развитой и обширной литоральной зоной, хорошо прогреваемой, с высоким содержанием органического вещества в воде, наличием достаточно мощных для литоральной зоны иловых отложений и большим количеством (и качественным разнообразием) водной растительности.

Характеристика биоразнообразия макрозообентоса. Для исследованных водных объектов характерной особенностью является большее видовое разнообразие на прибрежных станциях и меньшее на глубоководных участках. Характеризуя состояние озер по индексам видового разнообразия (рис. 3), можно отметить, что наиболее высокие значения индекса Шеннона наблюдались в прибрежной части озер, в частности для озера Шунгалдан ($H=3,09$), Голубая Старица ($H=2,40$) и Югидем ($H=2,37$). Иначе проявляют себя по этим показателям озера Б. Голубое и Соленое, где в каждый

сезон отмечалось ярко выраженное доминирование как по численности, так и по биомассе одного–двух видов. Характерным также является то, что наиболее близкими между мелководной и глубоководной зонами значениями показателей разнообразия обладают «голубые» озера. К концу выделенного сукцессионного ряда озер, такого рода дифференциация по показателям разнообразия между этими экологическими зонами в целом возрастает, достигая своего максимума в озере Шунгалдан. Сходная картина наблюдалась и по индексу доминирования Симпсона.

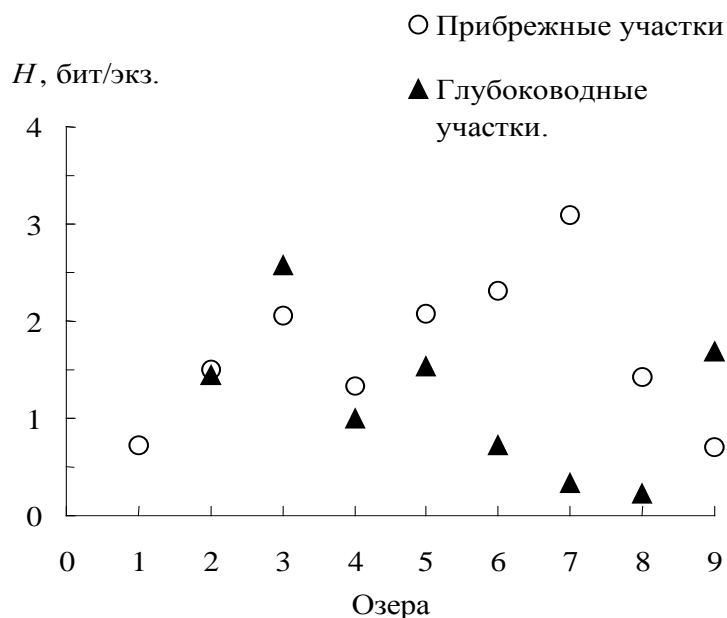


Рис. 3. Распределение значений индекса Шеннона в сукцессионном ряду исследованных озер. 1 – Зеленый Ключ, 2 – Малое Голубое-1, 3 – Малое Голубое-2, 4 – Большое Голубое, 5 – Югидем, 6 – Голубая Старица, 7 – Шунгалдан, 8 – Каракаер, 9 – Соленое.

Основываясь на данных многолетних исследований, можно заключить, что, несмотря на значительное общее число видов зообентоса в целом для бентофауны данных озер, бентосные сообщества конкретных исследованных озер характеризуются, как правило, невысоким видовым разнообразием и слабой выравненностью.

Сравнение озер между собой по видовому (таксономическому) разнообразию показывает, что наиболее качественно богата донная фауна в озерах Югидем (111 таксонов) и Б. Голубое (67 таксонов), а обедненная фауна характерна для озера Соленое (27 таксонов) и Зеленый Ключ (16 таксонов). Минимальное количество видов характерно для озер, располагающихся по краям выделенного сукцессионного ряда озер, например, для находящегося на начальной стадии формирования озеровидного водоема на базе родника (Зеленый Ключ), который может со временем трансформироваться в полноценный водоем озерного типа. К середине ряда, где трофность возрастает до мезотрофного состояния (озера Б. Голубое и Югидем), наблюдается максимальное число обнаруживаемых групп, наиболее высокие значения численности, биомассы и индексов видового разнообразия зообентоса. К концу ряда, с ухудшением условий и возрастанием уровня трофности (вплоть до гипертрофного статуса) видовое разнообразие сокращается, остаются только эврибионтные виды, причем те из них, которые выдерживают значительное загрязнение (рис. 4).

Сравнение видового богатства (по количеству таксонов) с другими обследованными озерами Среднего Поволжья показывает следующее. Среди других разнотип-

ных озер Среднего Поволжья наибольшим количеством видов обладают, прежде всего, карстовые пресноводные озера Яльчик (РМЭ, 48 видов), Шушьер РМЭ (41), Пузаньер РМЭ (36), Мельничное РМЭ (30), Кичиер РМЭ (27), пойменное озеро Битаманское-2 РТ (22), междюнные озера Лебяжьи РТ (22), карстовое озеро Аль РЧ (21).

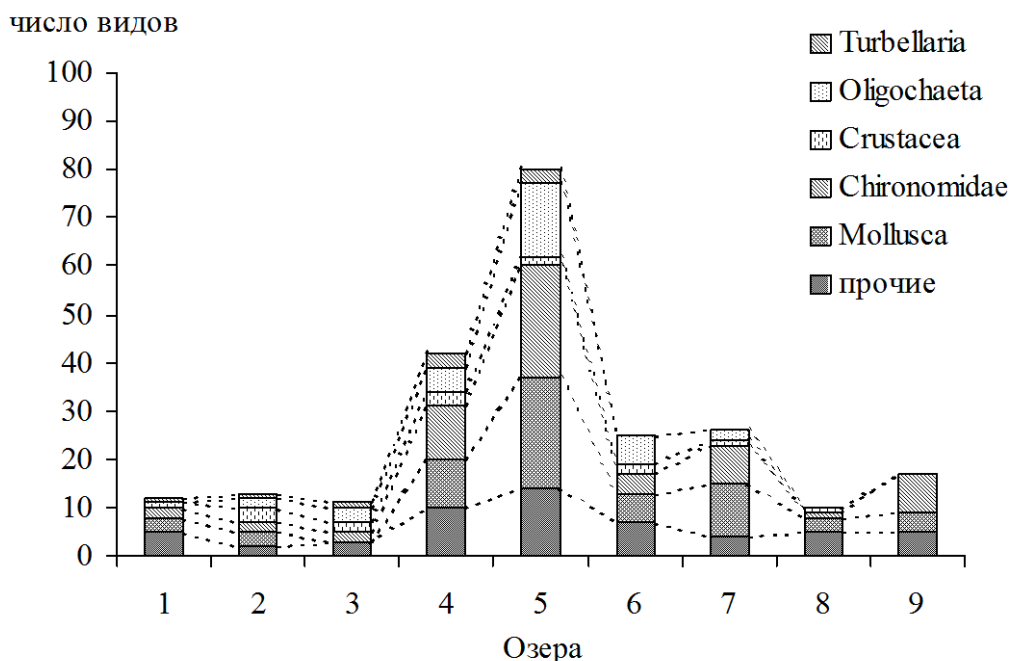


Рис. 4. Количество видов зообентоса в солоноватоводных водоемах Зеленый Ключ (1), Малое Голубое-1 (2), Малое Голубое-2 (3), Большое Голубое (4), Югидем (5), Голубая Старица (6), Шунгалдан (7), Каракаер (8) и Соленое (9).

Таким образом, те озера, которые в ряду солоноватоводных озер характеризуются низким количеством обнаруженных видов, превосходят по этому показателю большинство остальных разнотипных озер Среднего Поволжья.

Значения коэффициентов видового сходства (Sorensen, 1948) между бентосными сообществами озер не превышают 30 %, что свидетельствует в целом о небольшом фаунистическом сходстве озер между собой. Наиболее сходны между собой по видовому составу зообентоса озера Б. Голубое и Г. Старица (28,3 %), Б. Голубое и Югидем (27,1 %), Югидем и Г. Старица (23,6 %), а также Г. Старица и Шунгалдан (22,6 %) (табл. 2).

Таблица 2

Степень сходства зообентосных сообществ исследованных водоемов согласно коэффициенту Жаккара

Водоемы	Зеленый Ключ	М. Голубое-1	М. Голубое-2	Б. Голубое	Югидем	Г. Старица	Шунгалдан	Каракаер	Соленое
Зеленый Ключ		8,7	24,2	5,3	7,9	8,2	8,9	0,0	9,1
М. Голубое-1			16,7	15,1	8,4	15,0	10,8	28,6	11
М. Голубое-2				21,1	12,4	20,0	4,3	6,5	13
Б. Голубое					27,1	28,3	18	8,2	16

Водоемы	Зеле- ный Ключ	М. Голу- бое-1	М. Го- лубое- 2	Б. Голу- бое	Юги- дем	Г. Ста- рица	Шун- галдан	Кара- каер	Соле- ное
Югидем						23,6	20,0	7,9	14
Голубая Старица							23	17,0	16
Шунгалдан								13,6	18
Каракаер									14
Соленое									

Таким образом выявлена закономерность, заключающаяся в том, что видовое сходство между соседними озерами в сукцессионном ряду озер гораздо выше, чем между удаленными (табл. 2). Это служит подтверждением наличия определенной закономерности расположения озер в выделенном сукцессионном ряду стадий развития солоноватоводных озер.

Глава 5. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА

Характеристики численности и биомассы зообентоса по отдельным озерам в настоящей главе приведены на примере водоемов Большое Голубое, Югидем и Соленое.

Озеро Большое Голубое. Летом 1995 г. общие численность и биомасса зообентоса в мелководной части озера составили 363 экз./м² и 12,2 г/м² соответственно. Это достигалось прежде всего за счет присутствия ракообразных (188 экз./м² и 2,6 г/м²), моллюсков (88 экз./м² и 1,7 г/м²) и водных жуков (63 экз./м² и 6,2 г/м²). Из ракообразных был обнаружен только *A. aquaticus*, у моллюсков преобладал и по численности и по биомассе *Lymnaea truncatula* (63 экз./м² и 1,6 г/м²), в группе водных жуков явных доминантов по численности нет, большие значения биомассы объясняются нахождением в пробах крупноразмерных особей из семейства Hydrophilidae. Осенний период 1995 г. характеризовался менее высокими значениями численности и биомассы зообентоса – 195 экз./м² и 2,2 г/м² (в среднем по исследуемой части озера). Основную часть общей численности и общей биомассы составляли численность и биомасса ракообразных (71 экз./м² и 1,0 г/м²), олигохет (67 экз./м² и 0,2 г/м²) и частично водных жуков (31 экз./м² и 0,4 г/м²). В 1996 г. данные осеннего сезона показали очень низкие значения общей численности и биомассы макрозообентоса (20 экз./м² и 0,6 г/м²). Здесь можно выделить группу ракообразных – 14 экз./м² и 0,5 г/м² – единственную, чьи представители несколько преобладали как по численности, так и по биомассе. В 1998 г. максимальная наблюдаемая численность зообентоса составила 100 экз./м² в осенний период, максимальная биомасса – 3,4 г/м² в летний период. Летом доминантом по численности являлся вид *A. aquaticus* из группы ракообразных – его численность составляла 37 экз./м², по биомассе доминировал вид *B. tentaculata* из группы моллюсков (2,9 г/м²). Осенью на водоеме доминирующим и по численности и по биомассе являлся вид *G. pulex* из группы ракообразных (63 экз./м² и 2,5 г/м² соответственно). В сезоне 1999 г. среди таксономических групп летом по численности доминировали ракообразные (59,3 экз./м²), по биомассе – моллюски (2,9 г/м²). Осенью доминирующей по численности и по биомассе являлась только группа ракообразных (63 экз./м² и 2,5 г/м² соответственно). Наибольшие значения численности зообентоса отмечались в конце лета 2000 г. (2000–5800 экз./м²), наименьшие – в 1996 (20 экз./м²) и

1998 г. (63–75 экз./м²). Значительная доля в увеличении численности принадлежит представителям семейства хирономид, вероятно пробоотборы по времени совпали с пиками развития генераций. Особенно выделяются виды *Micropsectra* gr. *praecox* (до 3650 экз./м²), *Rheotanytarsus curtistylus* (до 3900 экз./м²) и *Tubifex tubifex* (до 1120 экз./м²). По биомассе зообентоса наблюдается схожая картина – явное превышение в 2000 г. по сравнению с сезонами 1998–1999 гг. (до 11,7–12,8 г/м² на отдельных станциях).

Озеро Югидем. В 1998 г. исследования зообентоса проводились в летний и осенний периоды, пробы отбирались как в литоральной, так и в глубоководной частях озера. Численность зообентоса в среднем по озеру летом достигала 67 экз./м², осенью – 347 экз./м². Биомасса летом составляла 0,5 г/м², а осенью – 8,7 г/м². Среди видов зообентоса летом доминировал, как по численности, так и по биомассе, вид, относящийся к группе олигохет – *Uncinaiis uncinata*, численность и биомасса которого составляли 46 экз./м² и 0,2 г/м² соответственно. В осенний период на озере доминировал вид *Chironomus plumosus* из группы хирономид, численность и биомасса которого составляли 146 экз./м² и 4,5 г/м². В 1999 г. общая биомасса зообентоса в среднем по озеру составила 270,0 экз./м², биомасса – 2,0 г/м². Доминирующими по численности являются виды *Eukiefferilella* sp. (55 экз./м²), *E. gr. cyanea* (45 экз./м²) из группы хирономид, *A. aquaticus* (45 экз./м²) из группы ракообразных и *Odonata* sp. (45 экз./м²) из группы прочих насекомых. По биомассе также доминируют виды *Eukiefferilella* sp. и *E. gr. cyanea* – их биомасса составляет по 0,5 г/м². Среди таксономических групп по численности и биомассе доминировали хирономиды, чьи численность и биомасса составляли 155 экз./м² и 1,3 г/м² соответственно. В 2000 г. количественные характеристики макрозообентоса оз. Югидем были довольно высоки. Максимальная численность была отмечена в профундальной зоне – 51800 экз./м² а биомасса – 138,6 г/м² в литоральной. Средние численность и биомасса бентоса для профундали в различные даты отбора проб находились в пределах 16880 – 17960 экз./м² и 27,1 – 36,3 г/м², для литорали – 4269 – 11957 экз./м² и 21,6 – 92,6 г/м² соответственно, что значительно превышало количественные показатели предыдущих лет. Высокие значения численности и биомассы в профундальной зоне достигаются за счет массового развития олигохет *T. tubifex* и *Stylaria lacustris*. В литоральной зоне большую роль играют моллюски.

Озеро Соленое. В летний период 1996 г. общие численность и биомасса зообентоса прибрежной мелководной зоны в среднем составляли 425 экз./м² и 2,1 г/м², прежде всего за счет присутствия хирономид (233 экз./м² и 1,1 г/м²) и ракообразных (*A. aquaticus* – 167 экз./м² и 0,4 г/м²). Среди отдельных видов у хирономид следует выделить *Orthocladius* sp., численность и биомасса которого составляли в среднем 125 экз./м² и 0,6 г/м² (до 375 экз./м² и 1,8 г/м² на отдельных станциях). В 1997 г. в летний сезон общая численность была равна 92 экз./м², а биомасса – 0,7 г/м², с преобладанием по этим количественным показателям ракообразных (*A. aquaticus* – 42 экз./м² и 0,2 г/м²). В летний период 1999 г. литоральная мелководная зона озера (проводившиеся также летом и осенью отборы в глубоководной зоне результатов не дали) в среднем характеризовалась численностью макрозообентоса 125 экз./м², биомассой – 1,0 г/м², полностью за счет хирономид (125 экз./м², 1,0 г/м²). Наибольшие численность и биомасса, наблюдались в сезоне 2000 г. (665 экз./м² и 4,9 г/м² соответственно). В итоге, по данным более ранних исследований численность не выходила за пределы 50–125 экз./м², биомасса – 0,9–1,6 г/м². Согласно данным сезона 2000 г., наибольшие численность и биомасса приходятся на долю хирономид (в основном это представители рода

Chironomus). Возрастание количественных характеристик по сравнению с сезонами 1998–99 гг. также следует объяснить тем, что в предыдущие сезоны больше проб отбиралось в профундали озера. В целом озеро Соленое представляет собой сильно загрязненный и гипертрофный водоем с полным отсутствием бентоса в профундали и в большей части литорали озера.

Распределение общих численности макрозообентоса, а также численностей и биомасс отдельных его групп позволяет выделить некоторые закономерности в пределах выделенного сукцессионного ряда озер (рис. 5).

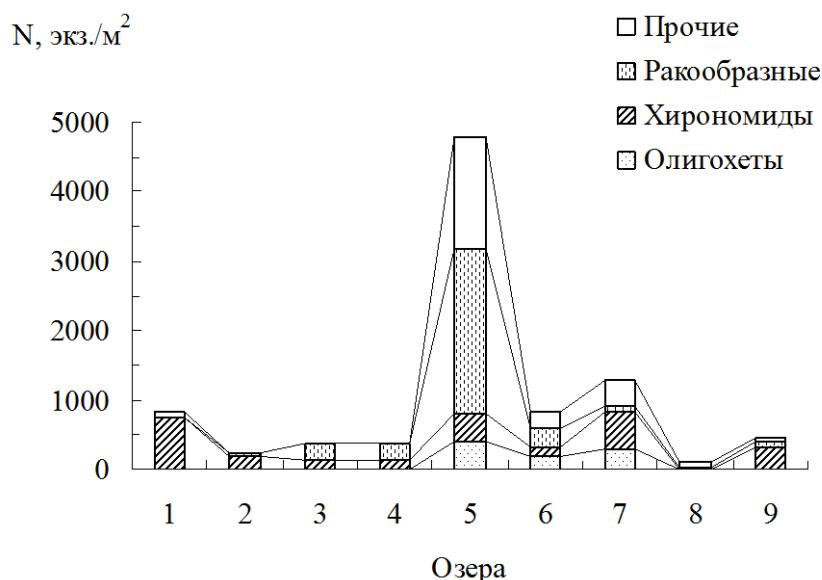


Рис. 5. Средняя численность основных групп зообентоса в мелководной зоне водоемов: Зеленый Ключ (1), Малое Голубое-1 (2), Малое Голубое-2 (3), Большое Голубое (4), Югидем (5), Голубая Старица (6), Шунгалдан (7), Каракаер (8) и Соленое (9).

Как видно из рис. 5, наибольшая численность зообентоса в прибрежном мелководье озер, так же как и видовое разнообразие, характерна для озера Югидем, прежде всего за счет обильного развития таких групп беспозвоночных как ракообразные и хирономиды (личинки). Это обусловлено наличием обширной мелководной зоны, хорошо прогреваемой, с высоким содержанием органического вещества и наличием большого количества макрофитов (водорослевые маты на поверхности в сочетании с погруженной и укореняющейся растительностью). Выделенные физико-химические факторы создают приемлемые условия существования, а наличие большого количества растительности обеспечивает неплохие кормовые условия и возможность укрытия от хищников и представителей бентосоядной ихтиофауны.

Что же касается водоемов, расположенных по краям выделенного сукцессионного ряда, то в случае водотока Зеленый Ключ более низкие количественные характеристики объясняются более низкой температурой в сочетании с затенением, усиленным водообменом (проточностью), наличием песчаного (песчано-каменистого) субстрата с низким содержанием органического вещества. В случае же озер Каракаер и Соленое (в конце сукцессионного ряда) наблюдавшиеся в большинстве случаев невысокие значения биомассы и численности зообентоса объясняются, прежде всего, высоким уровнем трофности, и, соответственно, органического загрязнения, а также очень высоким содержанием сероводорода, вызванного как разгрузкой сульфатных вод, так и вторичным загрязнением вследствие отмирания большого количества растительности

в литорали. Кроме того, для озера Каракаер неблагоприятная ситуация усугубляется чрезмерным количеством водной растительности, а для озера Соленое следует также учитывать последствия загрязнения от работы птицефабрики в 1970-х гг. Из рисунка 6 также видно, что наибольшую долю в общей численности зообентоса мелководья озер по концам сукцессионного ряда озер имеют хирономиды, большинство видов которых, как известно, способны переносить значительное ухудшение условий существования.

Количественное развитие и соотношение отдельных таксономических групп в глубоководных сообществах (рис. 6) отличаются от таковых на прибрежных мелководьях. При этом для эвтрофных и гипертрофных озер с сероводородными зонами на дне (Голубая Старица, Каракаер, Соленое) характерны самые низкие значения, либо практически полное отсутствие бентоса в профундали (Шунгалдан). Поэтому можно утверждать, что газовый режим, его особенности (дефицит кислорода, высокое содержание сероводорода) оказывает лимитирующее влияние на развитие бентосных сообществ глубоководных участков. И здесь уже, помимо ракообразных и хирономид, возрастает доля олигохет, как по численности, так и по биомассе.

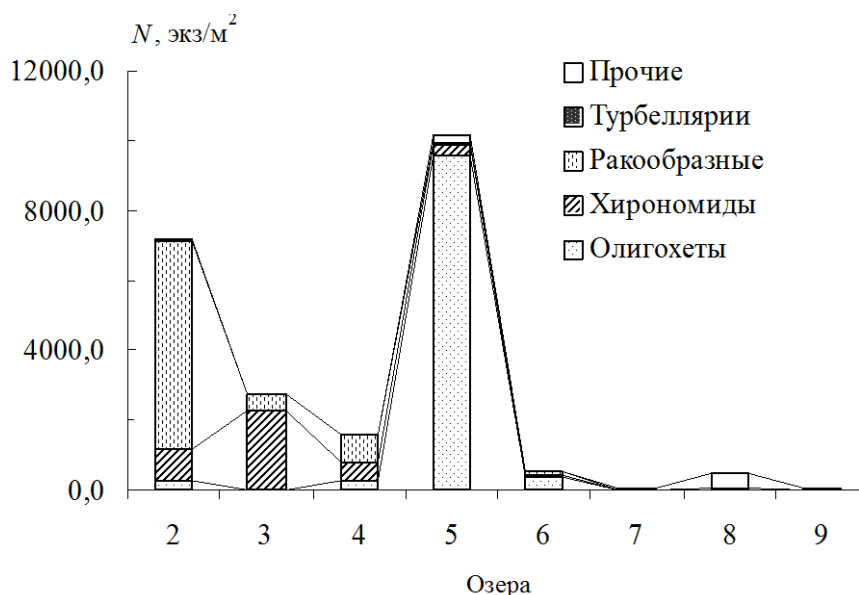


Рис. 6. Средняя численность основных групп зообентоса на глубоководных участках водоемов: Малое Голубое-1 (2), Малое Голубое-2 (3), Большое Голубое (4), Югидем (5), Голубая Старица (6), Шунгалдан (7), Соленое (8) и Каракаер (9).

В целом бентосные сообщества литорали исследованных озер в большинстве случаев превосходят по количественным характеристикам глубоководные сообщества. Численность и биомасса зообентоса в общем виде выше в озерах, находящихся на начальных этапах их сукцессионного развития (вплоть до конца выделенной внутри сукцессионного ряда группы «голубых» озер), где условия в глубоководных частях благоприятны для донных организмов. К числу доминирующих групп в сообществах принадлежат ракообразные (М. Голубое-1), олигохеты (Югидем) и хирономиды (большинство озер). С увеличением трофического статуса ситуация меняется. Озера, замыкающие сукцессионный ряд водоемов, характеризуются очень низким количественным развитием глубоководных сообществ, представленных практически преимущественно одними только хирономидами и моллюсками.

Глава 6. ЗАВИСИМОСТЬ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

Любая среда обитания обладает определенным набором свойств (элементов среды), взаимодействуя с которыми живые организмы адаптируются к условиям своего существования, как к обычным, так и экстремальным. Гидрологический режим, температура, оптические свойства, соленость и минеральный состав воды считаются важнейшими абиотическими факторами среды, влияющими на качественный состав, количественные характеристики и распределение биотических компонентов водных экосистем. Влияние этих факторов является наиболее показательным для высокоорганизованных компонентов водных экосистем, к которым также относится и зообентос.

Как было уже показано в предыдущих главах, многие гидробиологические характеристики макрозообентоса исследованных солоноватоводных карстовых озер находятся в определенной связи с расположением водоемов в выделенном сукцессионном ряду. В данной главе изучаются закономерности распределения значений абиотических факторов в ряду и выявляются определяющие развитие макрозообентоса абиотические факторы. Достаточно интересно себя проявляют в этом плане такие факторы как коэффициент водообмена, температура, содержание кислорода, сероводорода, общая минерализация, электропроводность, содержание сульфат-ионов и растворенного органического вещества (рис. 7).

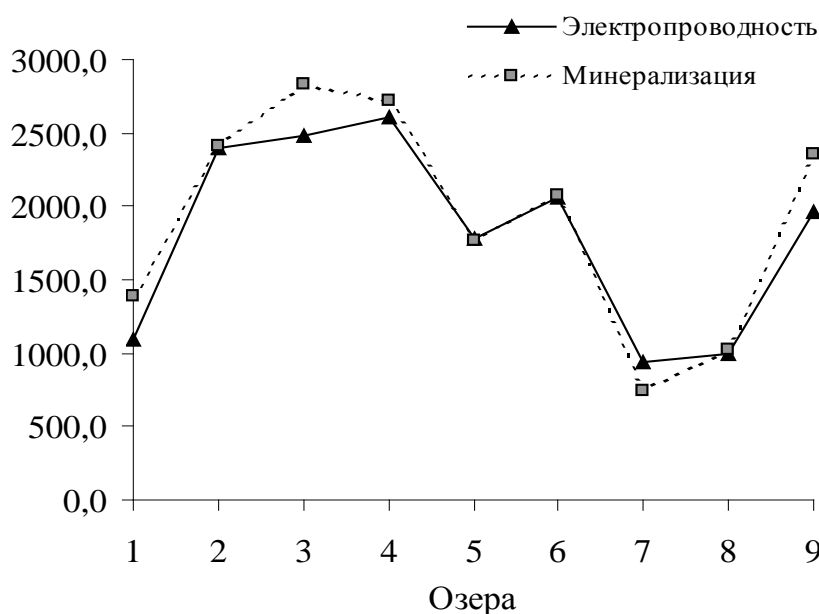


Рис. 7 Показатели общей минерализации и электропроводности поверхностных слоев воды водоемов Зеленый Ключ (1), Малое Голубое-1 (2), Малое Голубое-2 (3), Большое Голубое (4), Югидем (5), Голубая Старица (6), Шунгалдан (7), Каракаер (8) и Соленое (9).

Остальные абиотические факторы в меньшей степени проявляют подобную наглядность при иллюстрировании хода лимногенетического развития в выделенном сукцессионном ряду. Можно предположить, что ни один из рассмотренных абиотических факторов сам по себе не определяет лимногенез всех рассмотренных озер, а действует в комплексе с другими факторами.

Важным представляется вопрос о том, как связаны важнейшие гидробиологиче-

ские характеристики, такие как численность и биомасса зообентоса в целом и отдельных его групп с абиотическими показателями (рис. 8).

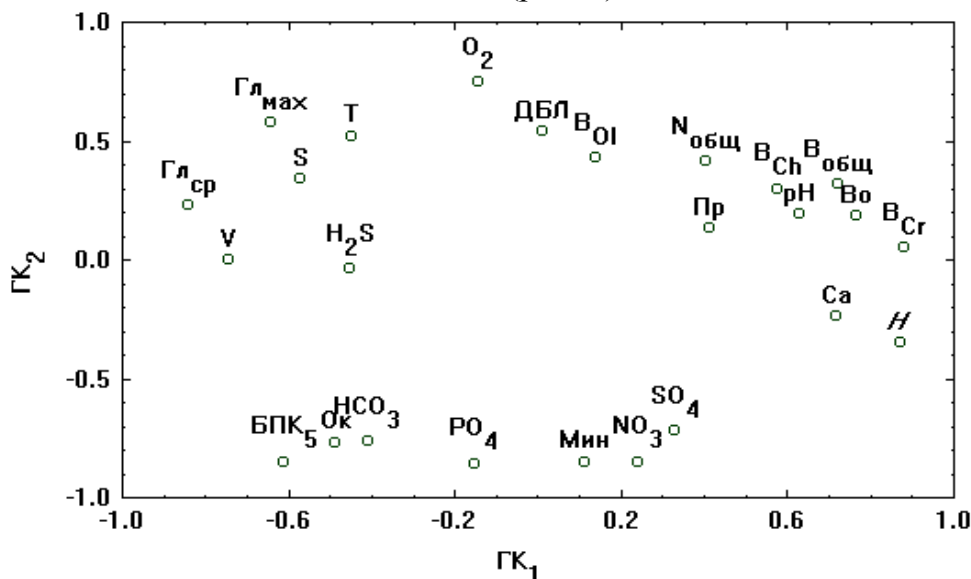


Рис. 8. Координаты расположения показателей факторов среды обитания и зообентоса глубоководных участков солоноватых озер по отношению к двум главным факторам (Гл_{ср} – средняя глубина, Гл_{мах} – максимальная глубина, S – площадь озер, ДБЛ – длина береговой линии, Т – температура воды, В – объем воды, Во – коэффициент водообмена, Пр – прозрачность воды, Ок – перманганатная окисляемость, Мин – минерализация).

Для выявления и оценки наиболее взаимосвязанных факторов и характеристик нами был проведен факторный анализ с использованием метода главных компонент (ГК), в котором анализировался вклад 24 морфологических, гидрологических, гидрохимических, а также вклад 6 гидробиологических показателей в общую дисперсию матрицы данных. В результате анализа были выявлены GK₁ и GK₂ (рис. 8), объясняющие 55,9% общей дисперсии признаков. GK₁ (объясняет 29,2% дисперсии) характеризует солевой состав (соотношение главных катионов) и интенсивность водообмена в озерах. Все они имеют высокие положительные нагрузки Ca, рН, коэффициента водообмена и показывают положительную корреляционную связь с индексом Шеннона, численностью и биомассой зообентоса. Соответственно морфометрические характеристики (площадь и глубина) озер имеют отрицательную связь с этими биологическими показателями. GK₂ (объясняет 26,7% дисперсии) включает в себя основные гидрохимические показатели, отражающие уровень трофности, включая содержание кислорода в воде. Однако показатели зообентоса не имеют четкой обратной зависимости от содержания биогенных элементов в воде, что, по-видимому, связано со спецификой развития, точнее невозможности ее развития в типичном виде в условиях высокой проточности и низкой температуры воды. Однако озеро Каракаер, как и Шунгалдан, выделялось среди других водоемов относительно большим содержанием органических веществ, что выражается в максимальных по сравнению с другими озерами показателях БПК₅ и перманганатной окисляемости и практическим отсутствием растворенного кислорода в придонных слоях воды.

Анализ путем сопоставления изменения различных факторов в пределах ряда показал, что наиболее показательными в плане развития озер представляются такие факторы среды как температура, минерализация, содержание сульфатов и органиче-

ских веществ; именно эти факторы позволяют выделить «голубые» озера в особую группу внутри сукцессионного ряда солоноватоводных озер. Факторный анализ свидетельствует, что наиболее значимыми для развития сообществ зообентоса солоноватоводных карстовых озер являются ионный состав (содержание главных ионов), гидродинамика озер (коэффициент водообмена) и газовый режим (содержание сероводорода).

Глава 7. СПЕЦИФИЧЕСКИЙ ВИДОВОЙ КОМПЛЕКС КАК ОСОБЕННОСТЬ СООБЩЕСТВ ГИДРОБИОНТОВ СОЛОНАТОВОДНЫХ КАРСТОВЫХ ОЗЕР

При изучении видового разнообразия биотических сообществ в зависимости от абиотических условий была выявлена закономерность, заключающаяся в постоянном присутствии в солоноватоводных карстовых водоемах группы «голубых» озер ряда видов водной растительности и макрозообентосных беспозвоночных, составляющих специфический видовой комплекс, характерный для озер данного типа (табл. 3).

Таблица 3

Специфический видовой комплекс солоноватоводных карстовых «голубых» озер

Макрозообентос	Растительность
<i>Tun Plathelminthes</i>	Высшие цветковые растения
Класс <i>Turbellaria</i>	Семейство <i>Hippuridaceae</i>
Сем. <i>Planariidae</i>	1. <i>Hippuris vulgaris</i> *
1. <i>Planaria torva</i> *	Споровые растения
2. <i>Dendrocoelum lacteum</i> * ^K	Семейство <i>Amblystegiaceae</i>
3. <i>Ijimia tenuis</i> *	2. <i>Calliergon cordifolium</i>
<i>Tun Annelida</i>	3. <i>C. giganteum</i>
Класс <i>Oligochaeta</i>	4. <i>Cinclidotus fontinaloides</i>
Сем. <i>Lumbriculidae</i>	5. <i>Cratoneurum filicinum</i>
4. <i>Rhynchelmis limosella</i>	6. <i>Drepanocladus aduncus</i>
5. <i>Lumbriculus variegatus</i>	7. <i>D. cf. fluitans</i> *
<i>Tun Arthropoda</i>	8. <i>D. vernicosus</i> *
Класс <i>Crustacea</i>	Семейство <i>Fontinaliaceae</i>
Отряд <i>Isopoda</i>	9. <i>Fontinalis antipyretica</i> *
Сем. <i>Asellidae</i>	Водоросли
6. <i>Asellus aquaticus</i>	Отдел <i>Chlorophyta</i>
Отряд <i>Amphipoda</i>	10. <i>Cladophora glomerata</i>
Сем. <i>Gammaridae</i>	11. <i>Enteromorpha pilifera</i>
7. <i>Gammarus pulex</i>	Отдел <i>Charophyta</i>
8. <i>G. lacustris</i> *	12. <i>Chara contraria</i> *
	13. <i>Ch. delicatula</i> *

Примечание: * – виды, редкие для Средневолжского региона, ^K – занесенные в региональные Красные Книги

Сходный специфический комплекс видов в «голубых» озерах, по-видимому, обусловлен действием совокупности различных факторов среды обитания: проточности или интенсивности водообмена в озерах, солености, холодноводности, высокой прозрачности вод, зарастаемости озер и наличия сапропелей, причем виды, составляющие его, играют весьма значительную роль в функционировании биотических сообществ, хотя не всегда доминируют. Согласно правилу приспособления П. Жаккара,

в биотопах с экстремальными условиями складываются биоценозы из строго специализированных (стенотопных) видов с относительно большим числом особей (Реймерс, 1994). То есть характерный комплекс видов может складываться под воздействием не одного, а целого ряда факторов среды. И по присутствию этого комплекса видов как биоиндикатора, фактически можно определить тип и группу этих озер («голубые» озера из солоноватоводных карстовых водоемов).

Выводы.

1. В солоноватоводных карстовых водоемах Зеленый Ключ, Малое Голубое-1, Малое Голубое-2, Большое Голубое, Югидем, Голубая Старица, Шунгалдан, Соленое и Каракаер были обнаружены представители 8 классов бентосных водных беспозвоночных, включающие в себя 212 низших определяемых таксонов, из них 146 видов (в том числе Turbellaria – 4 вида, Oligochaeta – 24 таксона, 16 видов, Hirudinea – 3 вида, Arachnida – 3 таксона, 2 вида, Crustacea – 3 вида, Insecta – 140 таксонов, 85 видов, Gastropoda – 30 таксонов, 29 видов, Bivalvia – 5 таксонов, 4 вида). В целом в видовом составе преобладают хирономиды (61 таксон), моллюски (34), олигохеты (24) и водные жуки (21).
2. Исследованные солоноватоводные карстовые озера в целом по озерной бентофауне характеризуются высоким количеством обнаруживаемых видов макрозообентоса и достаточно высоким видовым разнообразием – более 50 % от общего видового состава всех исследованных озер Среднего Поволжья.
3. Основными таксономическими группами, преобладающими в видовом составе, являются личинки хирономид, моллюски, олигохеты и водные жуки, как и в большинстве озер Среднего Поволжья с богатым видовым составом.
4. Бентофауна исследованных солоноватоводных карстовых озер сложена большей частью из эврибионтных видов и форм, способных адаптироваться к разнообразным экологическим условиям, и характеризуется, несмотря на высокое количество видов в целом, невысокой степенью разнообразия и слабой выравненностью сообществ в озерах.
5. Основным местообитанием и носителем видового богатства исследованных озер является зона прибрежного мелководья, бентосные сообщества литорали исследованных озер в большинстве случаев превосходят по количественным характеристикам глубоководные сообщества.
6. Видовое разнообразие, численность и биомасса зообентоса в целом выше в озерах солоноватоводного типа, находящихся на стадиях зрелости (группа «голубых» олиго-мезотрофных озер); для начальной и конечной стадий развития озер количественные и качественные характеристики зообентоса характеризуются более низкими показателями.
7. Такие абиотические факторы как ионный состав (содержание главных ионов), гидродинамика (коэффициент водообмена), газовый режим (содержание сероводорода), а также температурный режим, минерализация и трофический статус (содержание органических веществ) озер являются определяющими для сукцессионных изменений зообентоса солоноватоводных карстовых озер.
8. Для солоноватоводных карстовых «голубых» озер характерен специфический видовой комплекс из водной растительности и макрозообентоса (*Planaria torva*, *Dendrocoelum lacteum*, *Ijimia tenuis*, *Rhynchelmis limosella*, *Lumbriculus variegatus*, *Asellus aquaticus*, *Gammarus pulex*, *G. lacustris*, *Hippuris vulgaris*, *Myriophyllum verticulata*, *Calliergon cordifolium*, *C. giganteum*, *Cinclidotus fontin-*

aloides, *Cratoneurum filicinum*, *Drepanocladus aduncus*, *D. cf. fluitans*, *D. vernicosus*, *Fontinalis antipyretica*, *Cladophora glomerata*, *Enteromorpha pilifera*, *Chara contraria*, *Ch. delicatula*), обусловленный действием совокупности различных факторов среды обитания.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации

1. Монасыпов М.А. Экологические проблемы "Голубого чуда Приказанья" и пути их решения / Н.М. Мингазова, Л.Р. Павлова, О.Ю. Деревенская, Ф.Ф. Рафикова, М.А. Монасыпов, И.И. Рахимов, К.К. Ибрагимова // Материалы VII съезда Гидробиологического общества РАН. – Казань, 1996. – т. 3. – С. 168–172.
2. Монасыпов М.А. Особенности биотических сообществ озер с повышенной минерализацией воды / Н.М. Мингазова, О.Ю. Деревенская, Л.Р. Павлова, О.В. Палагушкина, Р.Р. Сайфуллин, М.А. Монасыпов // Экологические проблемы бассейнов крупных рек: Тезисы докладов международной конференции. – Тольятти, 1998 – С. 222.
3. Монасыпов М.А. Видовой состав и количественная характеристика зообентоса разнотипных озер состояния Среднего Поволжья / Н.М. Мингазова, М.А. Монасыпов // Экологические проблемы Среднего Поволжья: Материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Ульяновск, 1999. – С. 164–165.
4. Монасыпов М.А. Оценка экологического состояния крупных озер Ульяновской области / Н.М. Мингазова, О.Ф. Петрова, О.Ю. Деревенская, Р.Р. Сайфуллин, М.А. Монасыпов // Экологические проблемы Среднего Поволжья: Материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Ульяновск, 1999. – С. 78–81.
5. Монасыпов М.А. Особенности структуры и функционирования уникальных солонатоводных карстовых озер Республики Марий Эл / М.Б. Иванова, А.Ф. Алимов, Н.М. Мингазова, Н.В. Аладин, О.Ю. Деревенская, М.И. Орлова, С.М. Голубков, Л.Р. Павлова, О.В. Палагушкина, А.О. Смуров, М.А. Монасыпов, Ф.Ф. Рафикова // Водные ресурсы и экологически ответственное природопользование: Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Йошкар-Ола, 1999 – С. 105–107.
6. Монасыпов М.А. Зообентос озер республики Марий Эл / Н.М. Мингазова, Ф.Ф. Рафикова, М.А. Монасыпов // Водные ресурсы и экологически ответственное природопользование: Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Йошкар-Ола, 1999 – С. 105–107.
7. Монасыпов М.А. Уникальные экосистемы солонатоводных карстовых озер Среднего Поволжья – Большое Голубое и Югидем / Н.М. Мингазова, О.Ю. Деревенская, О.В. Палагушкина, М.А. Монасыпов и др. // Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия: Материалы научно-практической конференции. – Чебоксары–Казань, 2000.– С. 150–154.
8. Монасыпов М.А. Особенности биологического разнообразия и функционирования сообществ зообентоса карстовых озер Республики Татарстан на примере озера Большое Голубое / С.М. Голубков, М.А. Монасыпов, Н.М. Мингазова // Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия: Материалы научно-практической конференции. – Чебоксары –Казань, 2000.– С. 38–41.
9. Монасыпов М.А. Зоопланктон и зообентос озер Республики Татарстан / Н.М. Мингазова, О.Ю. Деревенская, М.А. Монасыпов // Вестник Татарстанского отделения Российской экологической академии. – Казань, 2002. - № 3-4 (13-14). – С. 38-45.

10. Монасыпов М.А. Особенности структуры сообществ макрозообентоса солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья / М.А. Монасыпов, Н.М. Мингазова, В.А. Яковлев, Л.Б. Назарова // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга: Материалы XI международного симпозиума по биоиндикаторам. – Сыктывкар, 2001. – С. 132–133.
11. Monasypov M.A. The specific complexes of species as a bioindicator of an unique type brackish karstic "azure" lakes / N.M. Mingazova, S.M. Golubkov, O.W. Palagushkina, M.A. Monasypov // Problems of today in bioindication and biomonitoring: abstracts. – Syctyvkar, 2001. – P. 319.
12. Монасыпов М.А. Уникальные экосистемы солоновато-водных карстовых озер Среднего Поволжья / Н.М. Мингазова, О.Ю. Деревенская, О.В. Палагушкина, Ф.Ф. Бариева, М.А. Монасыпов, Р.Р. Сайфуллин // Рациональное использование водных ресурсов в системе управления регионом: Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Йошкар-Ола, 2001. – С. 101–106.
13. Монасыпов М.А. Экологический мониторинг состояния озер национального парка «Марий Чодра» / Н.М. Мингазова, О.Ю. Деревенская, О.В. Палагушкина, Ф.Ф. Бариева, М.А. Монасыпов, Р.Р. Сайфуллин // Рациональное использование водных ресурсов в системе управления регионом: Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Йошкар-Ола, 2001. – С. 98–100.
14. Монасыпов М.А. Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья и их экологические особенности: Тез. докл. VIII Съезда ГБО РАН / Н.М. Мингазова, О.Ю. Деревенская, М.А. Монасыпов, Е.Н. Унковская, О.В. Палагушкина, Р.Р. Сайфуллин, Л.Р. Павлова, Ф.Ф. Бариева. – Калининград, 2001. – Т. 1. – С. 257–258.
15. Монасыпов М.А. Материалы по зообентосу озер Раифы / Н.М. Мингазова, В.А. Яковлев, М.А. Монасыпов, Унковская Е.Н. // Труды Волжско-Камского государственного природного заповедника. – Казань, 2002. – Вып. 5. – С. 71–79.
16. Монасыпов М.А. Макрозообентос солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья / С.М. Голубков, М.А. Монасыпов, В.А. Яковлев, Н.М. Мингазова, Л.Б. Назарова // Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья. – Казань: Изд-во КГУ, 2001. – С. 175–203.
17. Монасыпов М.А. Специфические видовые комплексы как биоиндикационный показатель уникального типа солоноватоводных карстовых "голубых" озер / Н.М. Мингазова, С.М. Голубков, О.В. Палагушкина, М.А. Монасыпов – Сыктывкар, 2003. С. – 67–74.
18. Monasypov M.A Unique of structure of brakish-water lakes ecosystems of Middle Volga region / N.M. Mingazova, O.Yu. Derevenskaya, O.V. Palagushkina, M.A. Monasypov, R.R. Sayfullin, E.N. Unkovskaya, F.F. Barieva // 8th International Conference on Salt Lakes. – Zhemchuzhny, 2002. – P. 70–71.
19. Monasypov M.A Abiotic characteristics of the brackish water karstic lakes of middle volga region and their connection with limnogenesis / N.M. Mingazova, M.A. Monasypov // Environmental radioecology and applied ecology. – Kazan, 2003. – Vol. 9. – № 3. – P. – 11–17.